

Approved For Release STAT
2009/08/19 :
CIA-RDP88-00904R000100120

Dec

Approved For Release
2009/08/19 :
CIA-RDP88-00904R000100120



Вторая Международная конференция
Организации Объединенных Наций
по применению атомной энергии
в мирных целях

A/CONF/15/P/2130
USSR
ORIGINAL: RUSSIAN

Не подлежит оглашению до официального сообщения на Конференции

ИЗМЕРЕНИЕ И АНАЛИЗ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ВОЗДУХА
МАЛЫМИ КОНЦЕНТРАЦИЯМИ АЭРОЗОЛЬНЫХ АЛЬФА-
ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ

А.А.Чубаков, В.И.Поликарпов,
З.А.Кулешова

В ходе многих производственных и лабораторных операций образуются радиоактивные аэрозоли. Неаккуратная работа или аварии могут привести к загрязнению воздуха лабораторного или производственного помещения радиоактивными аэрозолями. Попадая через дыхательные пути внутрь организма человека, радиоактивные продукты накапливаются в отдельных органах и непрерывно поражают ткани до тех пор, пока все радиоактивные атомы не распадутся или не будут выведены из организма в результате биологического обмена веществ.

Среди радиоактивных аэрозолей наиболее опасны по своему воздействию на организм долгоживущие альфа-излучатели. Дозиметрический контроль этих загрязнений в связи с их низкими предельно-допустимыми концентрациями (ПДК) имеет свои особенности. Дозиметрический контроль включает в себя контроль на рабочих местах (оперативный контроль) и лабораторный анализ дозиметрических проб.

Оперативный контроль может проводиться для того, чтобы сигнализировать о появлении альфа-излучателя в воздухе помещения, чтобы оценивать их концентрацию по разовому измерению или, чтобы определять дозу, получаемую персоналом в течение рабочего дня. Все виды оперативного контроля должны давать сведения о загрязнении воздуха тем быстрее, чем выше концентрация активных аэрозолей, чтобы можно было своевременно вывести персонал из загрязненной зоны.

25 YEAR RE-REVIEW

-2-

Лабораторный анализ дозиметрических проб включает точные измерения концентрации долгоживущих альфа-активных аэрозолей, определение изотопного состава, выяснение химических особенностей загрязнения (прежде всего растворимости и токсичности загрязнения) и снятие спектра дисперсности.

Данные лабораторного анализа необходимы при установлении причин загрязнения воздуха, при отыскании мер предосторожности (например, рекомендация типа респиратора) и при выборе методов дезактивации.

1. Оперативный контроль долгоживущих альфа-активных аэрозолей

а) Сигнализация о появлении загрязнения

Сигнализацию о появлении загрязнения легче всего осуществить путем одоризации - добавления к опасному продукту безопасного вещества с резким запахом. Однако не всегда удастся найти такие одоранты, которые не создавали бы неудобств для технологической или лабораторной операции.

Для быстрых количественных определений уровня загрязнения воздуха методы одориметрии недостаточно разработаны. Непосредственные измерения загрязнения затруднены, во-первых, малостью ПДК, во-вторых, наличием естественной аэрозольной альфа-активности воздуха. Естественная аэрозольная альфа-активность воздуха образуется дочерними продуктами радона и торона, диффундирующих в воздух из почвы и строительных материалов, которые всегда содержат небольшие количества урана и тория. Концентрация дочерних продуктов радона обычно в несколько десятков раз выше ПДК долгоживущих альфа-активных аэрозолей, а концентрации дочерних продуктов торона могут достигать нескольких ПДК.

2987-112

Дочерние продукты радона имеют эффективный период полураспада около 40 минут, а торона около 10 часов. Поэтому выдержка проб для того, чтобы естественная активность не мешала измерениям, требует нескольких часов, а при наличии дочерних продуктов торона пробу можно измерять только на следующие сутки.

Предложенное Wells' ом (1) нагревание пробы до 1200-1300°C для того, чтобы улетучилась естественная активность (полоний, висмут и свинец), можно использовать только при контроле нелетучих загрязнений.

-3-

Ограниченное применение имеет и метод, разработанный им (3), который предложил определять загрязненность воздуха только грубодисперсными аэрозолями, отсекая тем самым естественную активность, как более тонкодисперсную. Этот метод не дает полного отделения естественной активности и он не пригоден для таких загрязнений, при образовании которых значительная часть аэрозольного продукта присутствует в виде тонкодисперсного аэрозоля. С другой стороны, размеры аэрозольных частиц, на которые осела естественная активность, могут быть достаточно большими.

Для проверки возможности использования этого метода были проведены сравнительные измерения подвижностей аэрозольных частиц, несущих естественную активность, и частиц окислов урана, образующихся в воздухе в ходе производственной операции. Для этой цели аэрозольные частицы осаждались в плоском конденсаторе с размерами пластин 390 x 45 мм и расстоянием между пластинами - 10 мм. На пластины подавалось напряжение 10 кв. Комнатный воздух лабораторного помещения прокачивался через этот конденсатор вдоль его длинной стороны с объемной скоростью 2 литр в минуту. Осаждавшаяся на пластины естественная активность регистрировалась пластинками с толстослойной эмульсией. Непрерывная регистрация альфа-распадов толстослойной эмульсией позволила накапливать эффект при непрерывной прокачке воздуха в течение недели. Через этот же конденсатор с такой же скоростью прокачивался воздух, загрязненный в процессе производства окислами урана. Так как в данном случае мы имели дело с большими концентрациями долгоживущего продукта, распределение вдоль пластин осажденной активности измерялось с помощью альфа-счетной установки. Результаты, полученные в этих опытах иллюстрируются графиком на рис. 1. Сплошной линией показано распределение альфа-активности окислов урана вдоль пластин конденсатора, столбиками показано относительное число треков от альфа-частиц естественной радиоактивности, осевшей на соответствующие участки конденсатора. Эти опыты показали, что мелкодисперсность аэрозолей не всегда является признаком естественной активности.

Для исследования особенностей естественной активности, анализировались кривые распада проб, отобранных на различные фильтры. Пробы отбирались на бумажный фильтр, на высокоэффективный волок-

-4-

нистый фильтр и на подложку коронным разрядом. Несмотря на то, что эффективности улавливания этих фильтров относились как 0,7:1:0,1, кривые распада оказались одинаковыми. По-видимому, аэрозольные свойства радия А, радия В и радия С определяются только свойствами тех неактивных частиц, на которые они осели.

Радиоавтографии естественной активности на фильтрах, полученные с помощью толстослойных эмульсий, резко отличаются от радиоавтографии долгоживущих альфа-излучателей.

Последние всегда дают в толстослойной эмульсии "вееры" треков альфа-частиц. Продолжения треков в каждом "веере" пересекаются практически в одной точке. Число треков в "веере" характеризует число альфа-распадов, происшедших в аэрозольной частице за время экспонирования эмульсии. Естественная активность дает только разрозненные треки. Число "вееров" из двух треков очень мало: оно соответствует вероятности регистрации двух последовательных альфа-распадов одного и того же ядра (радий А и радий С'). Эта особенность естественной активности указывает на то, что одна аэрозольная частица обычно несет не более одного атома естественной активности. Отделение естественной активности от долгоживущей по характеру радиографии весьма трудоемко и требует много времени, поэтому не может быть использовано для оперативного контроля.

Рядом исследователей (3), (4) предлагалось при контроле долгоживущих альфа-излучателей исключать естественный фон по его бета-активности (радий В и радий С). Этот метод можно использовать при отсутствии бета-излучения долгоживущей активности и при постоянстве времени накопления дочерних продуктов радона (при неизменном режиме вентиляции помещения). Недостаток этого метода заключается в больших статистических ошибках, которые обусловлены тем, что необходимо вычитать (компенсировать) фон на порядок больший измеряемого эффекта. Этим недостатком обладают и другие компенсационные методы (5), (6).

б) Разовые измерения концентрации долгоживущих альфа-активных аэрозолей

Один из путей решения этой задачи заключается в анализе энергий альфа-частиц. Сопоставляя энергии альфа-частиц дочерних продуктов радона и торона с энергиями альфа-частиц долгоживущих изотопов (см. таблицу) рассмотрим следующую схему работы прибора.

2008 - 112

ДОЧЕРНИЙ ПРОДУКТ РАДОНА	ЭНЕРГИЯ α-ЧАСТИЦ МЭВ	ЭФФЕКТ. ПЕРИОД ПОЛУРАСП.	ДОЛГОЖИВ. ИЗОТОП	ЭНЕРГИЯ α-ЧАСТИЦ МЭВ	ПЕРИОД ПОЛУРАСП.	ДОЧЕРНИЙ ПРОДУКТ ТОРОНА	ЭНЕРГИЯ α-ЧАСТИЦ МЭВ	ЭФФЕКТ. ПЕРИОД ПОЛУРАСП.
						ThC'	8,78-66%	~10 ч.
							608-34%(ThC)	
						ThA	6,77	0,16 сек
RaC'	7,68	-40 мин	At ²¹¹	7,4-60%(Po ²¹¹)	7,5 ч	ThC	8,78-66%(ThC)	~10 ч
RaA	6,00	3 мин		5,9-40%			608-34%	
			Cm ²⁴²	6,11-73%	150 дн			
			Am ²⁴¹	6,06-27%	500 л			
			Po ²¹⁰	5,30	140 дн			
			Pu ²³⁹	5,15-69%	24·10 ⁴ л			
				5,14-20%				
			U ²³³	5,10-11%	16·10 ⁵ л			
				4,8				
			Ra ²²⁶	4,78	1620 л			
			Np ²³⁷	4,75	2,2·10 ⁶ л			
			U ²³⁵	4,6-20%	8·10 ⁸ л			
				4,4-80%				
			U ²³⁸	4,2	4,5·10 ⁹ л			

-6-

Пусть аэрозольная альфа-активность отбирается на фильтр и одновременно регистрируется, а альфа-счетный прибор имеет два канала, в одном из которых регистрируются частицы с энергией меньше 6,5 Мэв, а в другом - больше - 8-8,5 Мэв. Тогда в первом канале будут регистрироваться долгоживущие альфа-излучатели, а также радий А и торий С фона естественной активности.

Торий С легко исключить по данным регистрации альфа-частиц тория С вторым каналом. Ошибки измерения при этом не должны быть очень большими, так как концентрации тория С невелики.

Для радия А будет ($T_{1/2} = 3,05$ мин.) быстро устанавливаться радиоактивное равновесие и его активность на фильтре не будет изменяться спустя 10-15 минут после начала отбора пробы.

Если в воздухе присутствуют долгоживущие альфа-излучатели, то активность фильтра будет продолжать расти и тем быстрее, чем выше их концентрация. При концентрациях загрязнения в несколько десятков ПДК такой прибор мог бы давать сведения через несколько минут после начала прокачки и измерения, а при концентрациях в несколько ПДК - через 10-15 минут.

Для работы такого прибора необходимо иметь детекторы альфа-активности, которые позволяли бы осуществить указанное выше разделение по энергиям альфа-частиц. В нашей лаборатории были произведены испытания пригодности для этой цели сцинтилляторов ZnS и CsJ с фотоумножителем ФЭУ-С (кристаллы CsJ были изготовлены в Институте кристаллографии АН СССР А.Б.Гильваргом и В.П.Пановой). Схематический чертеж детектора представлен на рис. 2. Схема установки показана на рис. 3. Импульс от фотоумножителя после предварительного усиления проходит в зависимости от величины амплитуды в один из каналов: в первый канал попадают импульсы от альфа-частиц с энергией больше 8 Мэв, зависимость числа импульсов во втором канале от уровня дискриминации для сцинтиллятора ZnS приведена на рис. 4 для естественного урана, $Po-210$ и радия С. Как видно из приведенных кривых с помощью такой установки и сцинтиллятора ZnS можно отделить загрязнение воздуха ураном, радием-226 и нептунием-237 от естественного фона (радия С). С помощью сцинтиллятора CsJ получается лучшее разделение, но этот сцинтиллятор не может работать в присутствии гамма-фона.

В настоящее время продолжают работы в направлении поисков детекторов альфа-частиц с большей разрешающей способностью, удоб-

-7-

ных для исключения естественного фона при измерении загрязнения воздуха а.д.а.

в) Измерение дозы долгоживущих альфа-активных аэрозолей

Дозой по отношению к предельно-допустимой дозе за рабочую смену, мы будем называть

$$\frac{\int_0^t \gamma(t) dt}{V_{\text{прег}} T},$$

где t - время, протекшее от начала работы, в минутах, $\gamma(t)$ - мгновенные значения концентрации в распадах в минуту в литре, $V_{\text{прег}}$ - ПДК для смеси альфа-активных изотопов при данной продолжительности рабочего дня в распадах в минуту в литре, T - продолжительность рабочего дня в минутах.

Непрерывный контроль дозы нам представляется более целесообразным, чем непрерывный контроль концентрации, в связи с тем, что мгновенные концентрации при лабораторных операциях могут резко меняться и не дают представления об опасности для сотрудников, присутствующих в лабораторном помещении в течение рабочей смены.

Аппаратура для контроля дозы значительно проще аппаратуры для непрерывного контроля концентрации.

При непрерывном контроле дозы можно осуществить сигнализацию равенства о накоплении заданной части от

$$V_{\text{прег}} T = 22,2 \cdot \frac{\text{расп.}}{\text{мин} \cdot \text{м}^3} \cdot 360 \text{ мин} = 8 \cdot 10^3 \frac{\text{расп.}}{\text{м}^3} = 8 \frac{\text{расп.}}{\text{литр}}$$

При длительной прокачке загрязненного воздуха через фильтр за счет насыщения на фильтре короткоживущей естественной активности улучшается соотношение между фоном и измеряемой величиной загрязнения.

В основу разработки метода контроля дозы легли проводившиеся в течение двух лет наблюдения усредненной за 20-30 минут концентрацией естественной аэрозольной альфа-активности на открытом воздухе и в помещениях. Опыты проводились в разное время года в районе, удаленном от моря и мест залегания радиоактивных пород (г. Москва).

Контроль изменения уровня естественной аэрозольной альфа-активности проводился путем непрерывной прокачки воздуха через фильтр

2988-112

-8-

и одновременного измерения накапливающейся альфа-активности. Для улавливания естественной аэрозольной активности использовался фильтр диаметром 4,5 см при расходе воздуха через него 50 литров в минуту. Чтобы избежать непостоянства расхода воздуха через фильтр из-за изменения его аэродинамического сопротивления, в качестве прокачной установки использовалась ротационная воздуходувка, которая обеспечивала незначительное падение расхода воздуха при осаждении на фильтр пыли даже свыше одного мг/см^2 . Измерение альфа-активности, отбираемой на фильтр, проводилось прибором "Тисс" со сцинтилляционным счетчиком "ТИ". Зазор между окном датчика и фильтром был равен 3 мм. Для обеспечения большей стабильности работы установки питание фотоумножителя осуществлялось от батарей, остальная схема питалась от феррорезонансного стабилизатора. Для записи изменений уровня активности фильтра использовался самописец ЭПП-09.

Измерения показали, что усредненная концентрация аэрозольной естественной активности на открытом воздухе остается в течение рабочего дня практически постоянной. Типичные кривые суточного хода усредненной концентрации естественной аэрозольной альфа-активности приведены на рис. 5. Иногда наблюдались небольшие всплески естественной активности, например, во время тумана. В помещениях при наличии принудительной вентиляции с 2-3-кратным обменом воздуха в час не обнаружено значительных изменений усредненной за 20-30 минут концентрации дочерних продуктов радона. При открывании дверей, форточек и других обычных в повседневной работе изменениях циркуляции воздуха, изменения усредненной концентрации оказались незначительными. Кривые изменения усредненной концентрации в рабочих помещениях приведены на рис. 6. Концентрация радона и его дочерних продуктов существенно зависит только от материала стен и от кратности вентиляции.

На основании этих наблюдений предлагается использовать для измерения дозы прибор, с помощью которого измерялась концентрация естественной альфа-активности. Прокачка воздуха через фильтр должна начинаться за два часа до начала работы с тем, чтобы успело установиться радиоактивное равновесие дочерних продуктов радона на фильтре.

Активностью дочерних продуктов торона при 2-3-кратной вентиляции помещения обычно можно пренебречь, так как они не успевают

-9-

накапливаться из-за сравнительно большого периода полураспада. Изменение скорости счета альфа-частиц характеризует накопление дозы. Ошибки этого метода контроля обычно не превышают 20-30% от дозы за рабочий день, очень редко наблюдались отдельные всплески естественной активности на фильтре, соответствующие 70-75% от дозы.

Метод контроля дозы может быть улучшен, если воспользоваться анализом энергий альфа-частиц, который был рассмотрен ранее. Ошибки измерения дозы при этом уменьшаются и прокачку воздуха через фильтр можно начинать не за 2 часа, а за 10-15 минут до начала работы смены.

2. Лабораторный анализ альфа-активных проб

а) Измерение концентрации долгоживущих альфа-активных аэрозолей

2987-112 Определение альфа-активности пробы производится путем сравнения ее с образцовым альфа-активным препаратом, так как образцовые препараты обычно нанесены на подложку тонким слоем и самопоглощение в них практически отсутствует, то при сравнении пробы с образцом необходимо учитывать распределение альфа-активности по толщине фильтра.

Применение коллимации альфа-частиц для исключения влияния распределения активности по толщине фильтра приводит к снижению эффективности счета, что нежелательно при измерении малых эффектов.

При отсутствии коллимации эффективность счета альфа-частиц равна

$$\eta = \frac{1}{2} (1 - \cos \vartheta).$$

Заменяя $\cos \vartheta$ (см. рис. 7) получим:

$$\eta = \frac{1}{2} \left(1 - \frac{\Delta_{\text{ср}} + \delta^0}{R - \tau} \right) = \frac{1}{2} \frac{R - (\Delta_{\text{ср}} + \delta^0 + \tau)}{R - \tau},$$

где R - полный пробег альфа-частиц в величинах эквивалентных пробегу в воздухе, $\Delta_{\text{ср}}$ - средняя глубина залегания альфа-активных атомов, произвольно расположенных в пробе в величинах, эквивалентных пробегу альфа-частиц в воздухе, δ^0 - величина зазора между пробой и чувствительным объемом детектора в величинах, эквивалент-

-10-

ных пробегу альфа-частиц в воздухе, τ - остаточный пробег альфа-частицы, необходимый для ее регистрации детектором.

Формулой можно пользоваться, когда все альфа-частицы, вылетевшие из пробы, включая образовавшиеся на максимальной глубине пробы, могут достигнуть датчика.

Из величин, от которых зависит эффективность счета, неизвестной является средняя глубина залегания альфа-активных атомов в фильтре Δ_{cp} . Эту величину можно исключить, если производить обсчет фильтра с двух сторон. Действительно эффективность регистрации альфа-частиц с пробегом R при измерении с одной стороны пробы будет равна $\frac{R - (\Delta_{cp} + \delta_1 + \tau)}{2(R - \tau)}$, а с другой стороны пробы при толщине фильтра Δ $\frac{R - (\Delta - \Delta_{cp} + \delta_2 + \tau)}{2(R - \tau)}$. Суммарная эффективность регистрации равна

$$\frac{2R - (\Delta + \delta_1 + \delta_2 + 2\tau)}{2(R - \tau)} = \frac{R - \left(\frac{\Delta + \delta_1 + \delta_2}{2} + \tau\right)}{R - \tau}$$

Одновременное измерение альфа-активности с двух сторон пробы, кроме исключения неизвестной величины Δ_{cp} дает возможность увеличить число отсчетов в единицу времени по сравнению с числом отсчетов при измерениях с одной стороны.

Выбором толщины фильтра, на который отбирается проба, можно дополнительно повысить число отсчетов в единицу времени или уменьшить продолжительность прокачки воздуха через фильтр при заданной величине концентрации. Для монодисперсного аэрозоля эффективность улавливания будет определяться формулой:

$$K = 1 - e^{-\frac{\Delta}{\Delta_{\infty}}},$$

где Δ_{∞} - средняя глубина залегания аэрозольных частиц в фильтре при бесконечно большой толщине фильтрующего материала. Оптимальная толщина фильтра определяется максимумом произведения эффективности улавливания аэрозольных частиц и эффективности регистрации альфа-излучения:

$$K\eta = \left(1 - e^{-\frac{\Delta}{\Delta_{\infty}}}\right) \frac{R - \left(\frac{\Delta}{2} + \delta + \tau\right)}{R - \tau},$$

2987-112

-II-

который имеет место при условии:

$$e^{\frac{\Delta}{\Delta_{\infty}}} + \frac{\Delta}{\Delta_{\infty}} = 2 \frac{\rho}{\Delta_{\infty}} + 1, \quad ,$$

где $\rho = R - (\delta + \tau)$.

Решая это уравнение относительно Δ , получим для плохих фильтрующих материалов, когда $\Delta_{\infty} \gg \rho$ $\Delta \approx \rho$, для материалов, удовлетворяющих равенству:

$$\Delta_{\infty} = \rho \quad \Delta \approx 0,8 \rho$$

для хороших фильтрующих материалов, когда

$$\Delta_{\infty} \ll \rho \quad \Delta \approx \Delta_{\infty} \ln 2 \frac{\rho}{\Delta_{\infty}}.$$

Надлежащий выбор детектора альфа-частиц, материала и толщины фильтра и прокачного устройства позволяет при продолжительности отбора пробы 10-15 мин. измерять десятые доли ПДК.

б) Изотопный анализ альфа-излучателей

Для определения изотопного состава пробы достаточно измерить энергии альфа-частиц. Точности измерения энергии порядка 100 кэВ обычно бывает достаточно для идентификации альфа-излучателей, которые могут явиться причиной загрязнения воздуха данного помещения.

Для определения энергий альфа-излучения слабо-активных дозиметрических проб необходимо иметь альфа-спектрометр с большой эффективностью регистрации. Этому требованию удовлетворяет импульсная ионизационная камера без коллимации. Достаточно хорошо зарекомендовала себя камера Seaborg'a и Katz'a (7) со сферическим электрическим полем. Для изотопного анализа фильтр сжигался в кислотах, проба осаждалась на подложку, которая помещалась в камеру.

Радиотехническую схему спектрометра альфа-частиц можно собрать из заводских приборов с небольшими приставками. Усилителем к камере может служить установка типа "Д", а регистрирующим устройством - осциллограф ЭО-4 или ЭО-7. Для получения спектра альфа-частиц на осциллографической трубке была разработана специальная приставка.

В приставке к осциллографу (см. схему на рис. 8) положительный импульс от усилителя заряжает через диод Л1 конденсатор С. После прохождения максимума импульса через лампы ЛЗ-Л4 запускается

2988-112

-12-

одновибратор Л5-Л6, задний фронт импульса одновибратора через катодный повторитель Л7 разряжает емкость С. Тем самым формируется П-образный импульс с амплитудой равной амплитуде импульса и от усилителя, и с длительностью, равной длительности импульса, генерируемого одновибратором.

Сформированный импульс подается для горизонтального отклонения луча осциллографа. Для вертикального отклонения луча подается импульс одновибратора через интегрирующую цепочку R_1C_1 . Через другую интегрирующую цепочку R_2C_2 этот же импульс подается на сетку осциллографической трубки.

В этой схеме в отличие от обычно применяющегося П-образного импульса для подсветки подается напряжение, нарастающее за время вертикальной развертки, что позволяет получить на экране осциллографа неравномерную яркость изображения. Для усиления этого эффекта развертка по вертикали сделана замедляющейся во времени.

В результате на экране осциллографа получается вертикальный след, имеющий снизу вверх нарастающую яркость и расположенный тем правее, чем больше амплитуда импульса. Если в контакт с осциллографической трубкой поставить контрастную фотобумагу, то граница почернения бумаги после проявления дает представление о спектре альфа-частиц. Пример снятого спектра Рс -239 и Ро -210 показан на прилагаемой иллюстрации (рис. 9).

Разрешающая способность такого простого альфа-спектрометра 75 кэв.

Л и т е р а т у р а

1. Wells G.M., A method for the rapid detection of plutonium dust in the air, R & DB (W), TR 109.
2. Tait G.W.C., Determining concentration of airborne plutonium dust, Nucl., 1956, 14, 1, 53
3. Smith A.U., Hermiton S.T., A proposed method for making a quick estimation of plutonium contamination in the air, R & PB (W), PM (W) 20.
4. Kuper I.B.H., Foster E.H., Bernstein W., Monitor for radioactive dust, Nucl., 1956, 6, 4, 44
5. Denis Tavor (Atomic Energy Research Establ., Harwell, England), Trends in Nuclear Instrumentation, Nucl., 1954, 12, 10, 12

2987-112

6. Perry K.E.G., The rapid detection and continuous monitoring of radioactive contamination on dust in laboratory air, 1955, AERE, EL/R 1753
7. Seaborg G.T., Katz J., The transuranium elements, research papers, part II, paper, 1949, 16, 8, 1226-1306, N.-Y.

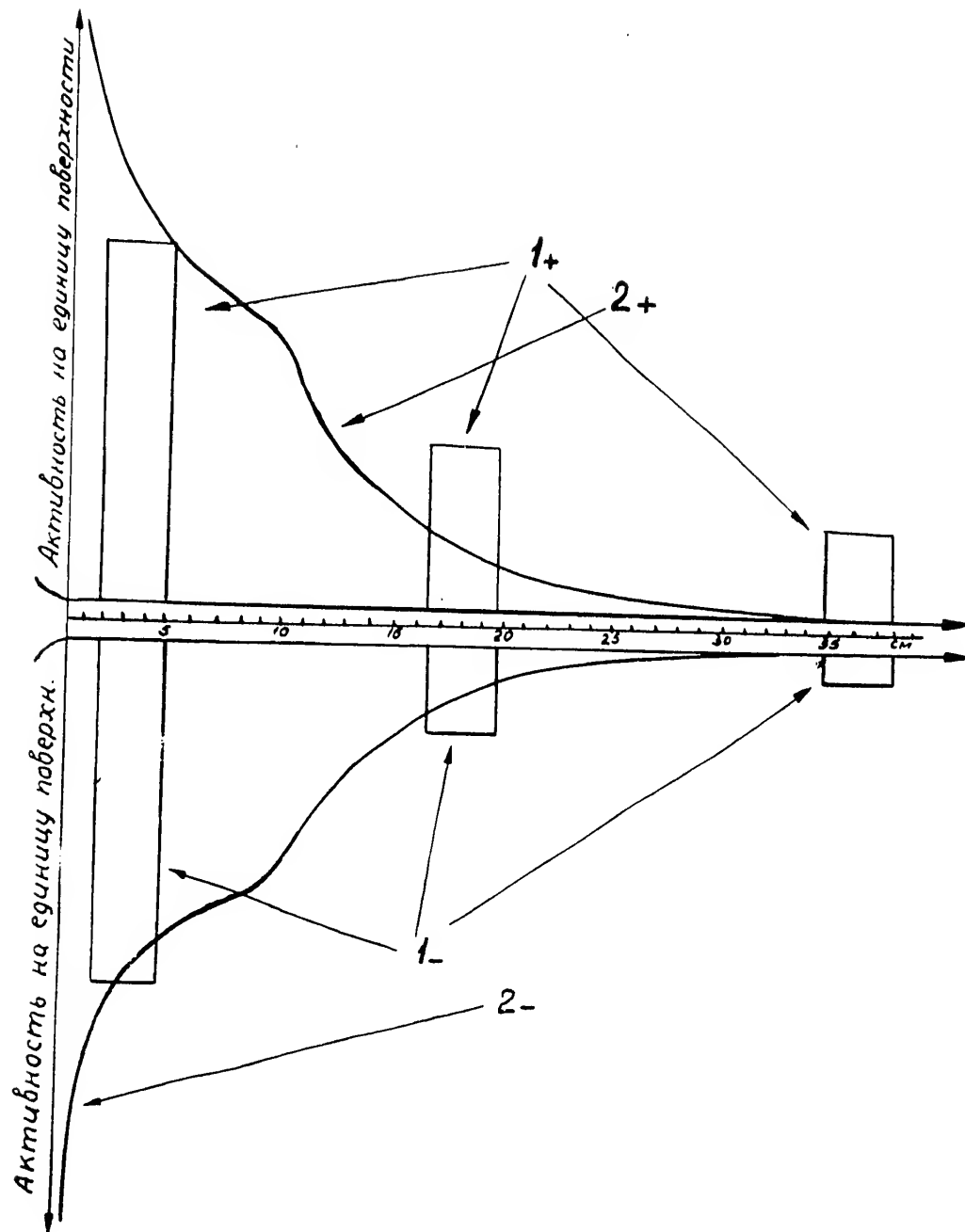


Рис. 1. Распределение активности вдоль пластин конденсатора. 1_+ - Естественная активность на положительном электроде. 2_+ - Уран на положительном электроде. 1_- - Естественная активность на отрицательном электроде. 2_- - Уран на отрицательном электроде

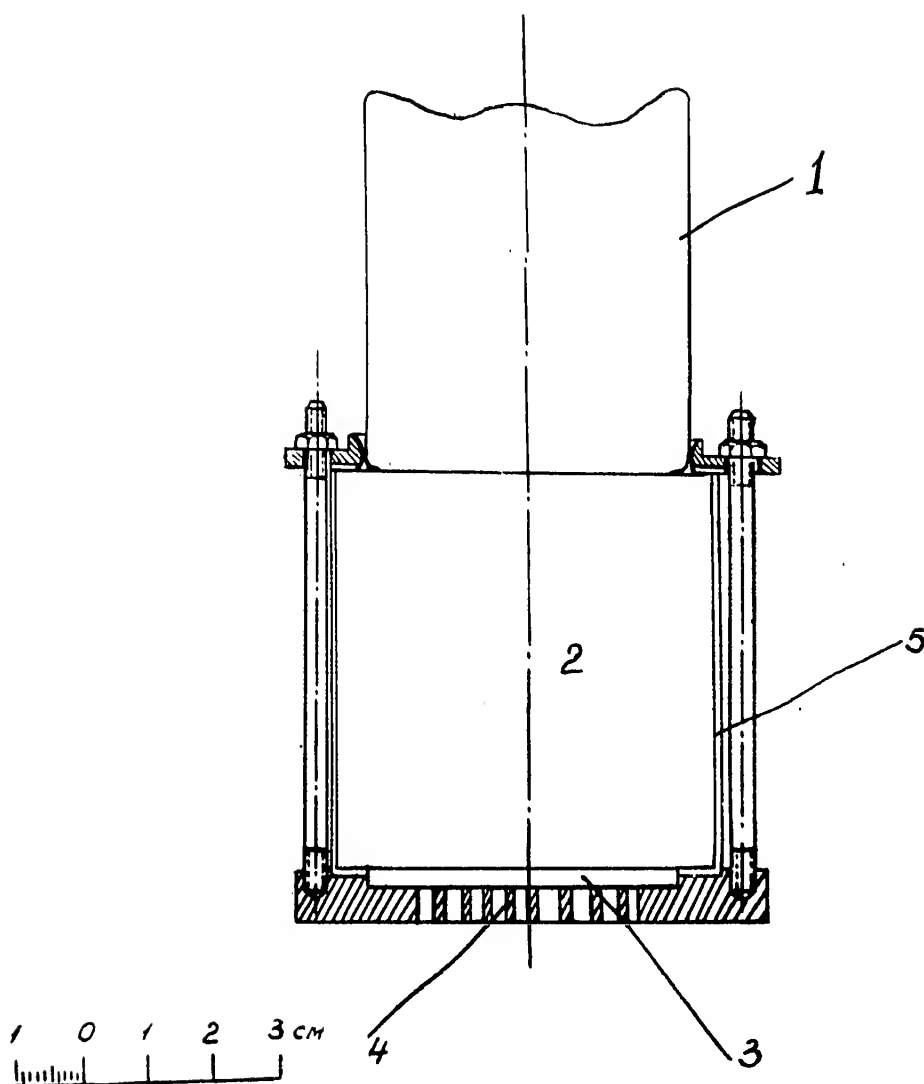


Рис. 2. Детектор альфа-частиц. 1 - ФЭУ-С. 2 - Световод. 3 - Сцинтиллятор. 4 - Коллиматор. 5 - Отражатель

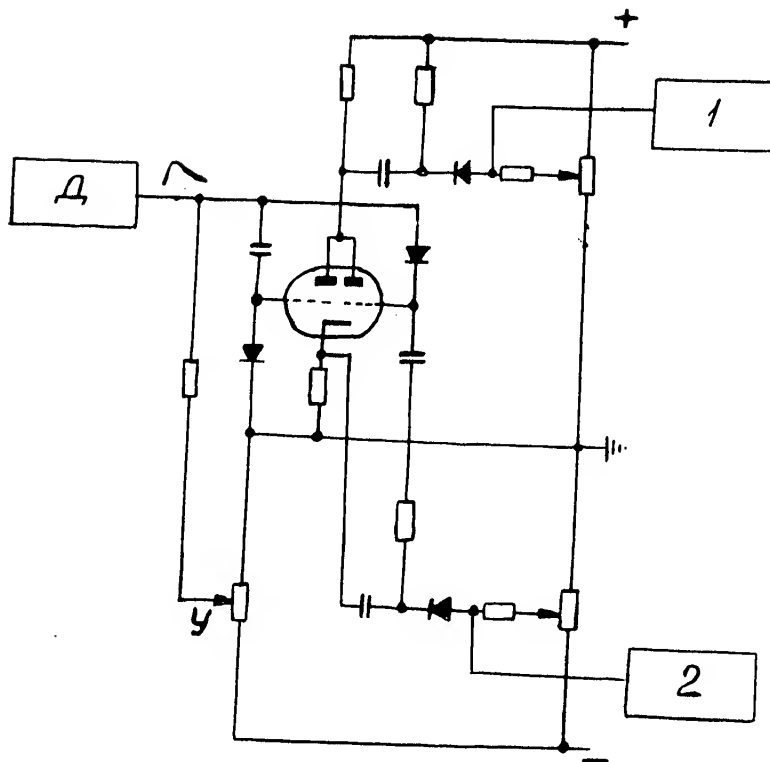


Рис. 3. Схема установки для разделения альфа-излучений по энергиям.
 Д - Детектор и предусилитель. У - Установка уровня дискри-
 минации. I - Канал регистрации тория С'. 2 - Канал регист-
 рации а.д.а.

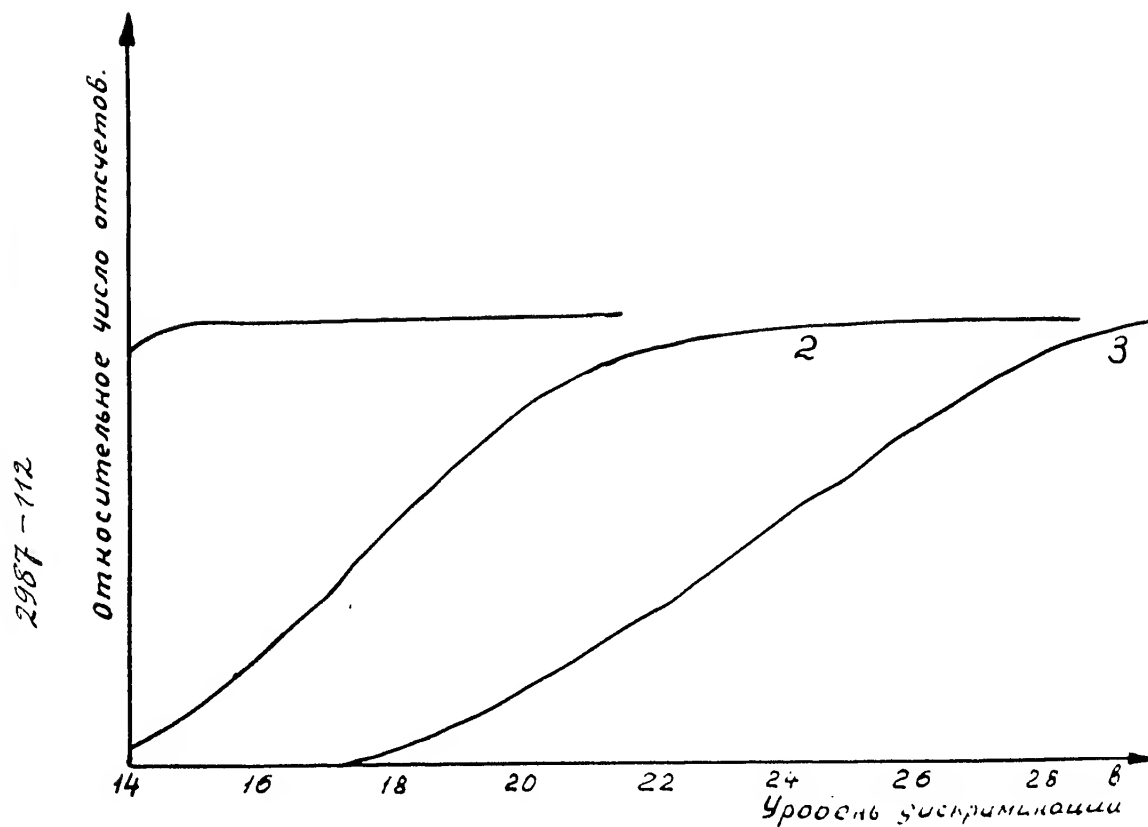


Рис. 4. Зависимости числа отсчетов от уровня дискриминации. 1 - Кривая дискриминации для естественного урана. 2 - Кривая дискриминации для Po-210. 3 - Кривая дискриминации для радия С'

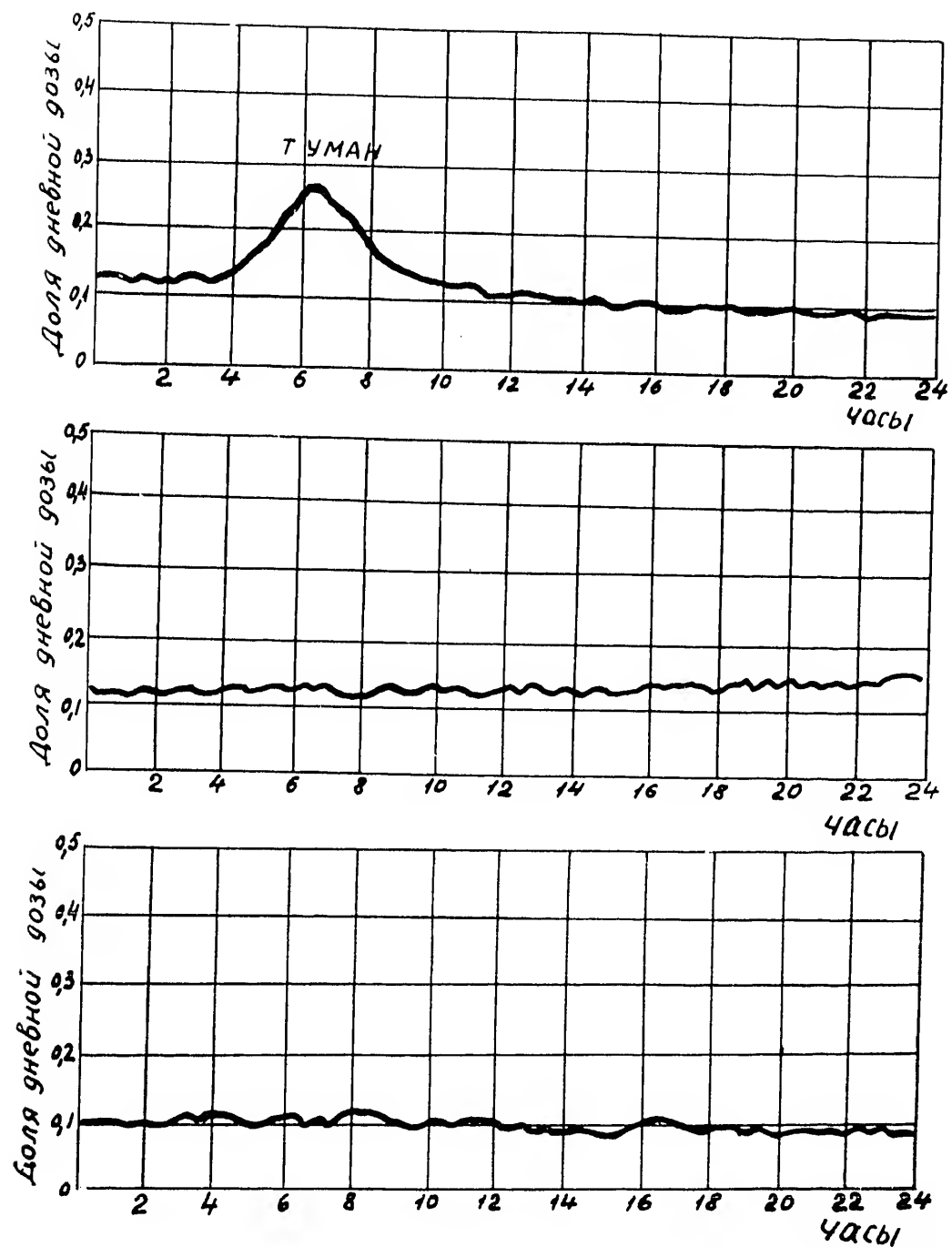


Рис. 5. Суточный ход усредненной естественной аэрозольной альфа-активности на открытом воздухе

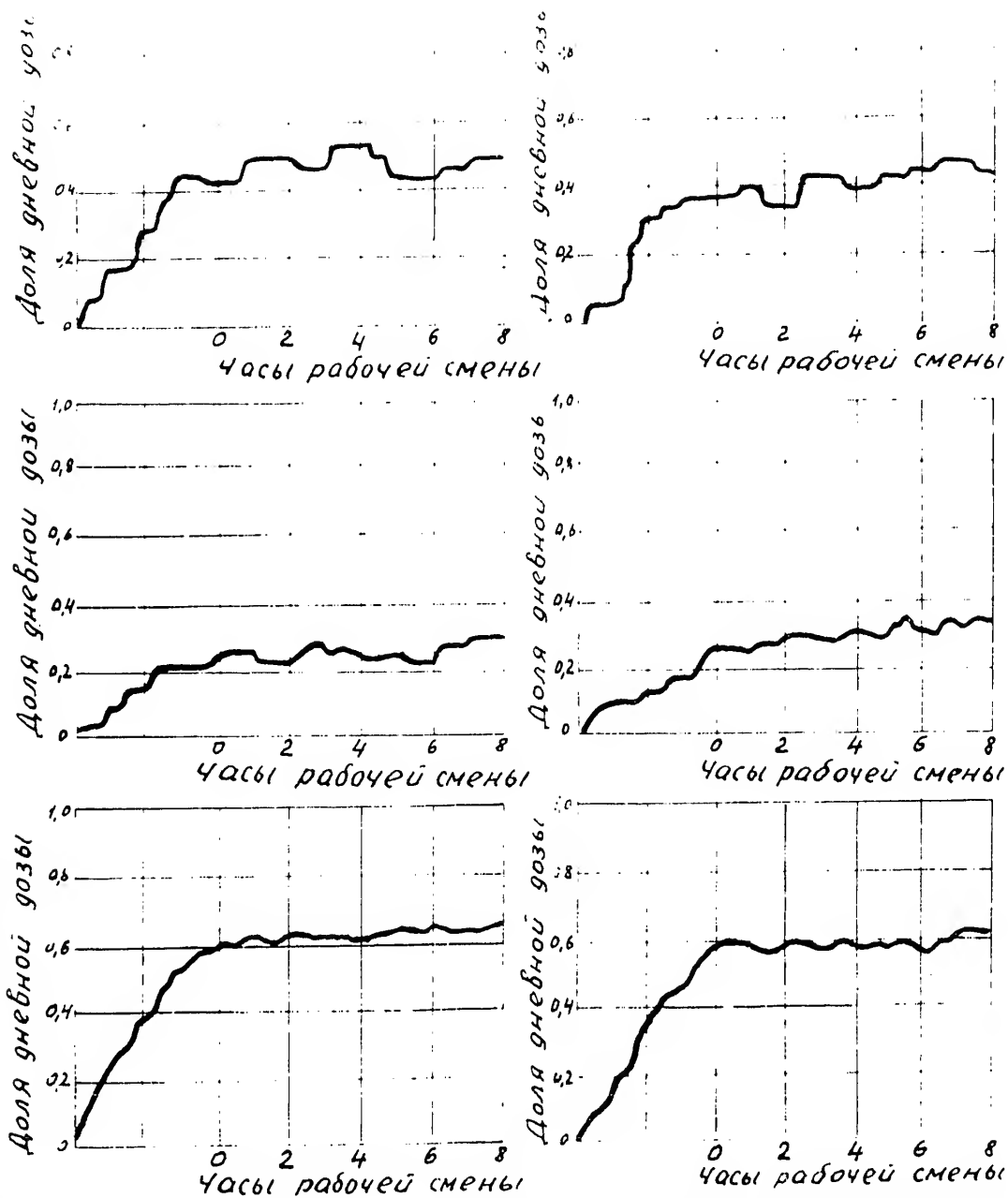


Рис. 6. Кривые записи естественной аэрозольной альфа-активности в рабочих помещениях

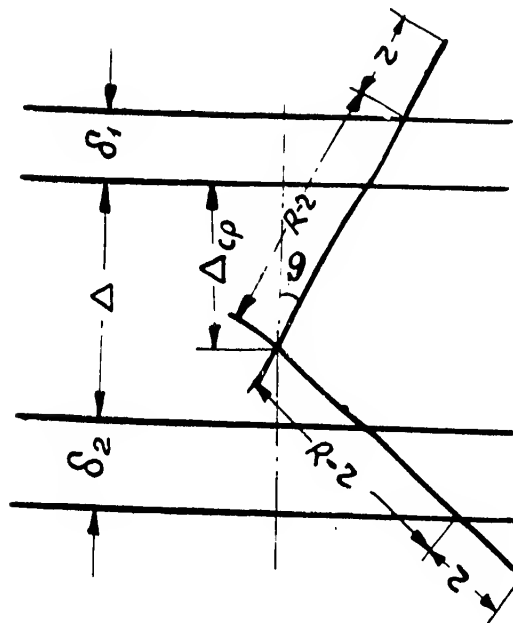


Рис. 7. Геометрические соотношения для определения эффективности регистрации альфа-распадов

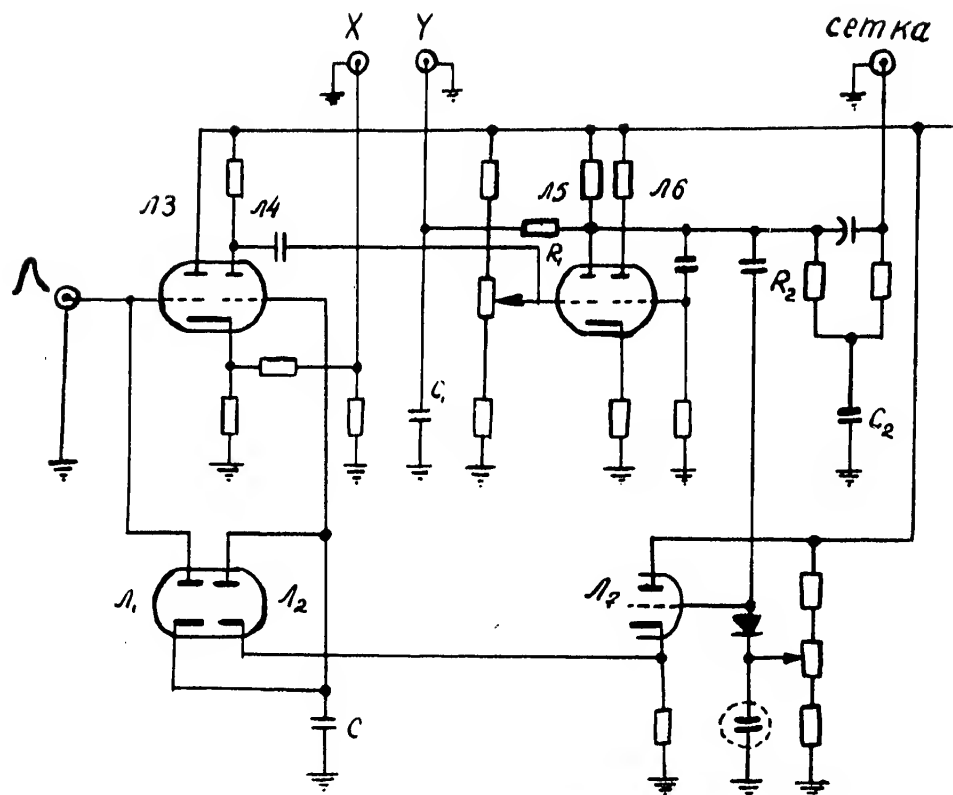


Рис. 8. Схема приставки к осциллографу для анализа энергий альфа-частиц

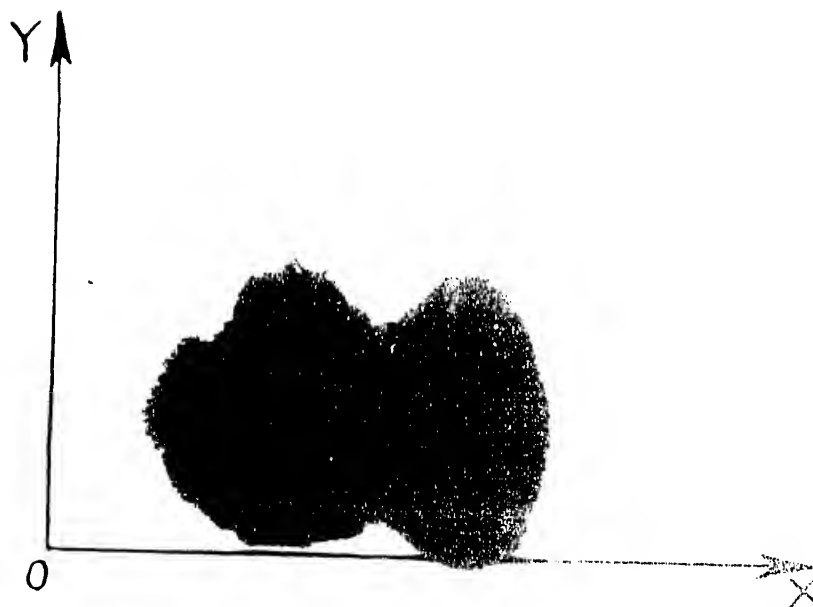


Рис. 9. Пример разделения по энергиям Po-210 и Pu-239